Artículo en revisión - Referencias y Gráficos

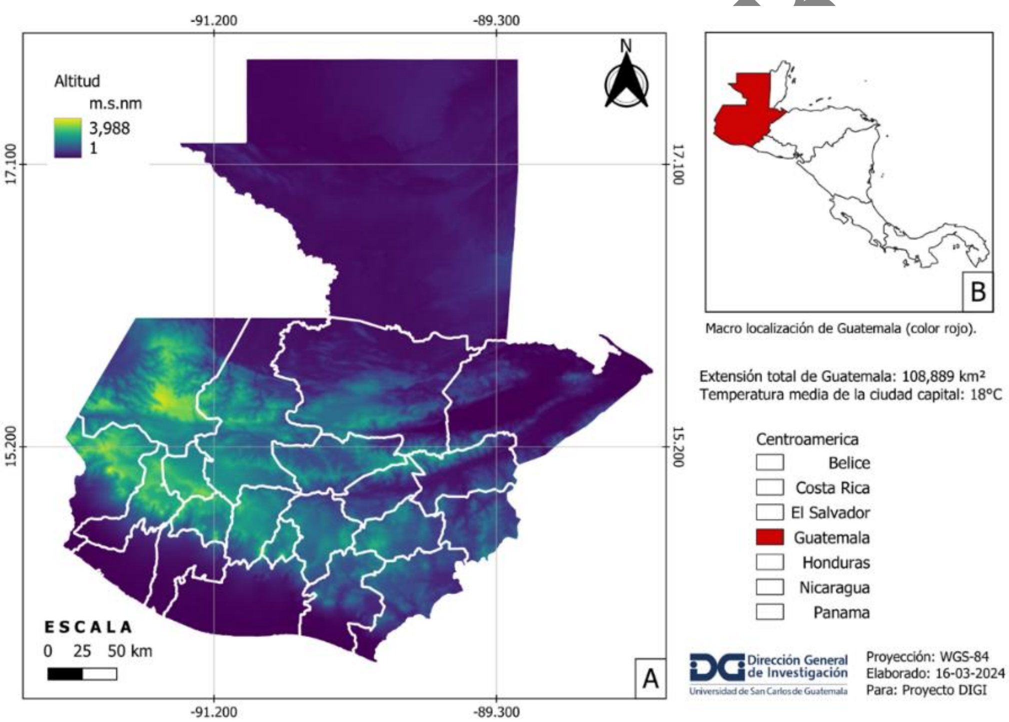
Impacto del cambio climático en la transmisión del Dengue para Guatemala- Centroamérica.

Silvia Zúñiga Veliz, J. Araque Pérez, J. Hernandez, Leticia Castillo-Signor, Edgar Santos De Tejada , Anoop Ambikan & Ujjwal Neogi

Parte 1- Figuras

Figuras y Tablas

Figura 1.Área de influencia del estudio, A) Guatemala y sus departamentos seccionados para toma de muestras B) Países de Centroamérica (color blanco) en color Rojo se observa Guatemala (Macro localización).



Nota: (Elaboración propia, DEM en base a USGS-Earth Explorer)

Tabla 1.
Variables bioclimáticas asignadas para la modelación, tomados de WorldClim.org.

Código	Significancia del código de cada variable
Bio1	Temperatura media anual

Código	Significancia del código de cada variable
Bio2	Rango diurno promedio (promedio mensual de la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima)
Bio3	Isotermicidad (Bio2/Bio7) × (100)
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar ×100)
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco
Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío
Bio12	Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso
Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso
Bio17	Precipitación del trimestre más seco
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio19	Precipitación del trimestre más frío
ELV	Elevación/ Altura (m)

Figura 2.
Datos generales sobre tendencia de casos de Dengue en Guatemala. a) Distribución de casos reportados por departamento; b) Meses con mayor número o incidencia de casos de Dengue.

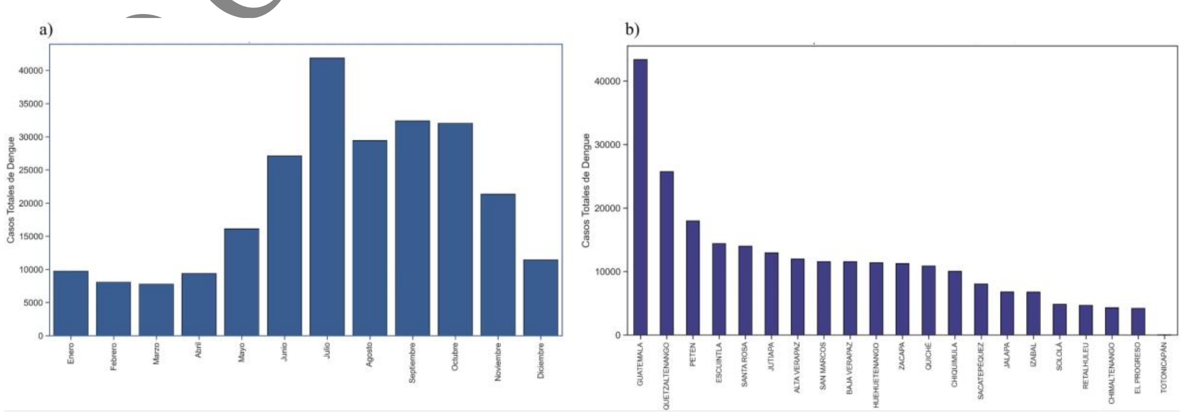


Figura 3.
Eventos temporales durante el crecimiento del dengue para Guatemala, a) tendencia de la precipitación y temperatura mensual desde 2012 al 2024. b) Aumento de casos de Dengue por año.

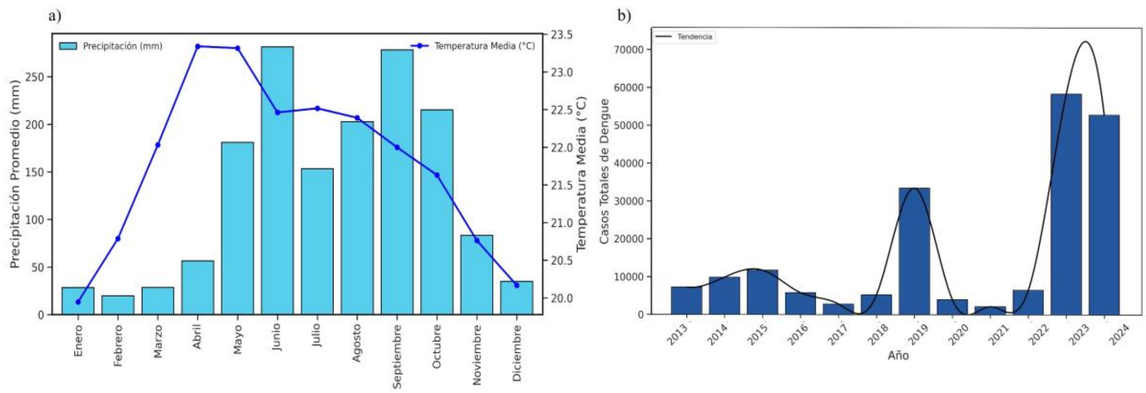


Figura 4.
Rangos observados de mayores casos de dengue según temperatura y precipitación.

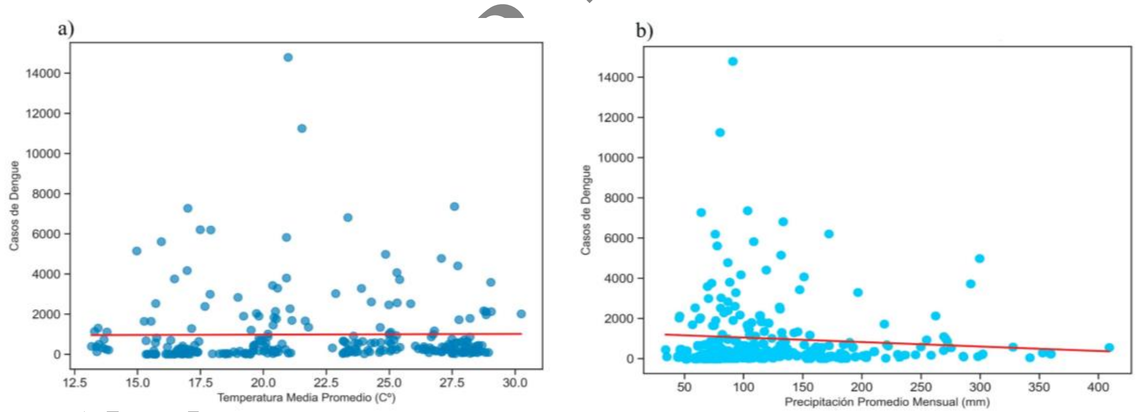


Figura 5.

Relación entre olas de calor, precipitación y casos de Dengue: (a) Índice compuesto y precipitación, (b) Distribución de magnitud de calor, (c) Duración de eventos climáticos.

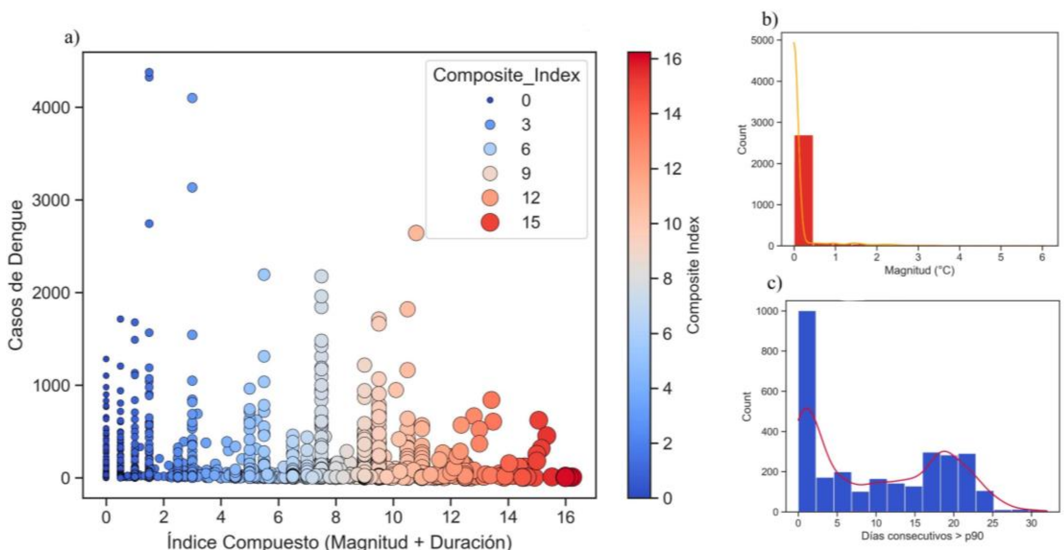


Figura 6.

Distribución contribuciones y permutación de las 4 variables más influyentes para *Aedes Aegypti* , a) Representa 2021-2040 b) 2041-2060 para los tres modelos utilizados y 3 escenarios.

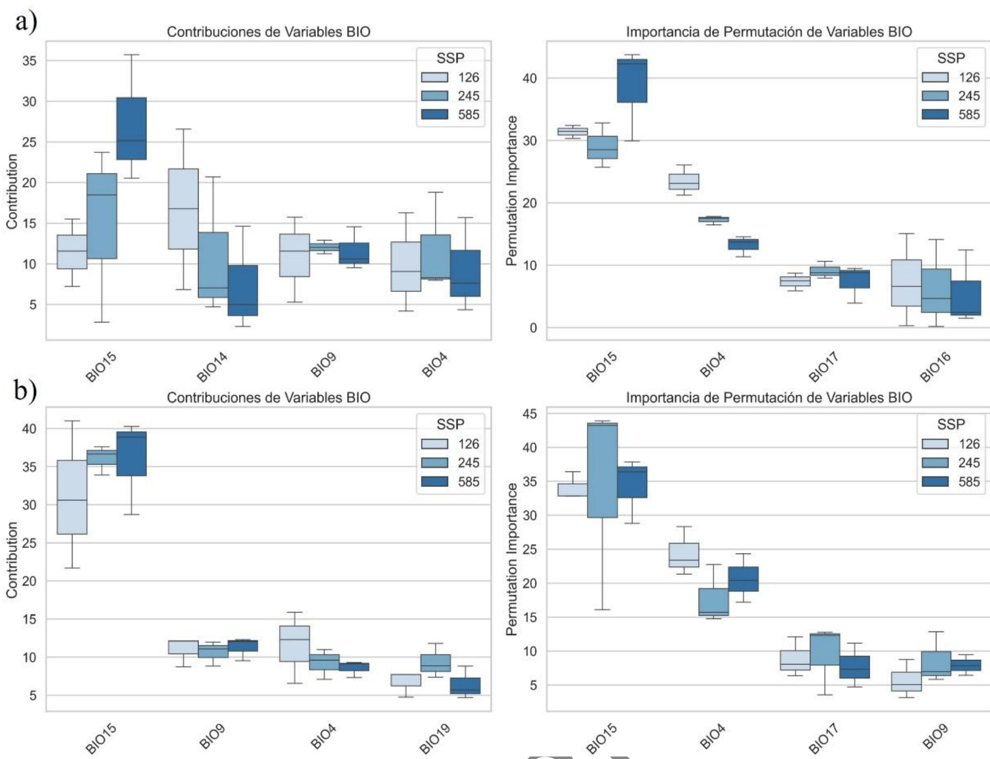
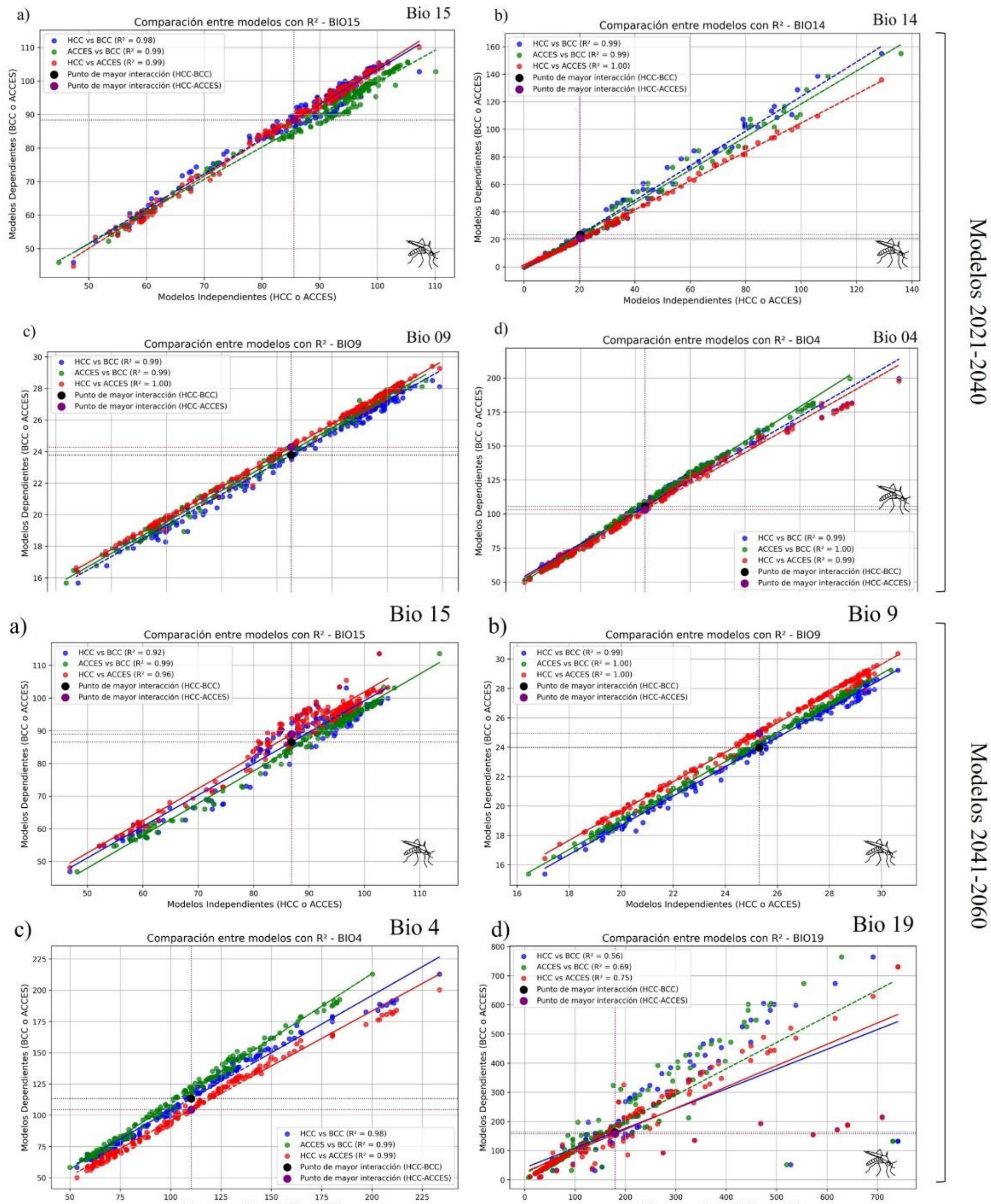


Figura 7.

Correlaciones entre modelos CMIP6 utilizados para determinar la distribución de los alcances de los nichos ecológicos de la especie Aedes aegypti (2040-2060).



a)
Bio 15
Comparación entre modelos con R² - BIO15
HCC vs BCC (R² = 0.98)
ACCES vs BCC (R² = 0.99)
HCC vs ACCES (R² = 0.99)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos Independientes (HCC o ACCES)
b)
Bio 14
Comparación entre modelos con R² - BIO14
HCC vs BCC (R² = 0.99)
ACCES vs BCC (R² = 0.99)
HCC vs ACCES (R² = 1.00)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos Independientes (HCC o ACCES)
c)
Bio 09
Comparación entre modelos con R² - BIO9
HCC vs BCC (R² = 0.99)
ACCES vs BCC (R² = 0.99)
HCC vs ACCES (R² = 1.00)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
d)
Bio 04
Comparación entre modelos con R² - BIO4
HCC vs BCC (R² = 0.99)
ACCES vs BCC (R² = 1.00)
HCC vs ACCES (R² = 0.99)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos 2021-2040
a)
Bio 15
Comparación entre modelos con R² - BIO15
HCC vs BCC (R² = 0.92)
ACCES vs BCC (R² = 0.99)
HCC vs ACCES (R² = 0.96)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos Independientes (HCC o ACCES)
b)
Bio 9
Comparación entre modelos con R² - BIO9
HCC vs BCC (R² = 0.99)
ACCES vs BCC (R² = 1.00)
HCC vs ACCES (R² = 1.00)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos Independientes (HCC o ACCES)
c)
Bio 4
Comparación entre modelos con R² - BIO4
HCC vs BCC (R² = 0.98)
ACCES vs BCC (R² = 0.99)
HCC vs ACCES (R² = 0.99)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos Independientes (HCC o ACCES)
d)
Bio 19
Comparación entre modelos con R² - BIO19
HCC vs BCC (R² = 0.56)
ACCES vs BCC (R² = 0.69)
HCC vs ACCES (R² = 0.75)
Punto de mayor interacción (HCC-BCC)
Punto de mayor interacción (HCC-ACCES)
Modelos Dependientes (BCC o ACCES)
Modelos Independientes (HCC o ACCES)
Modelos 2041-2060

Figura 8.

Modelación en base a escenarios climáticos de circulación general para *Aedes aegypti* (2021-2040).

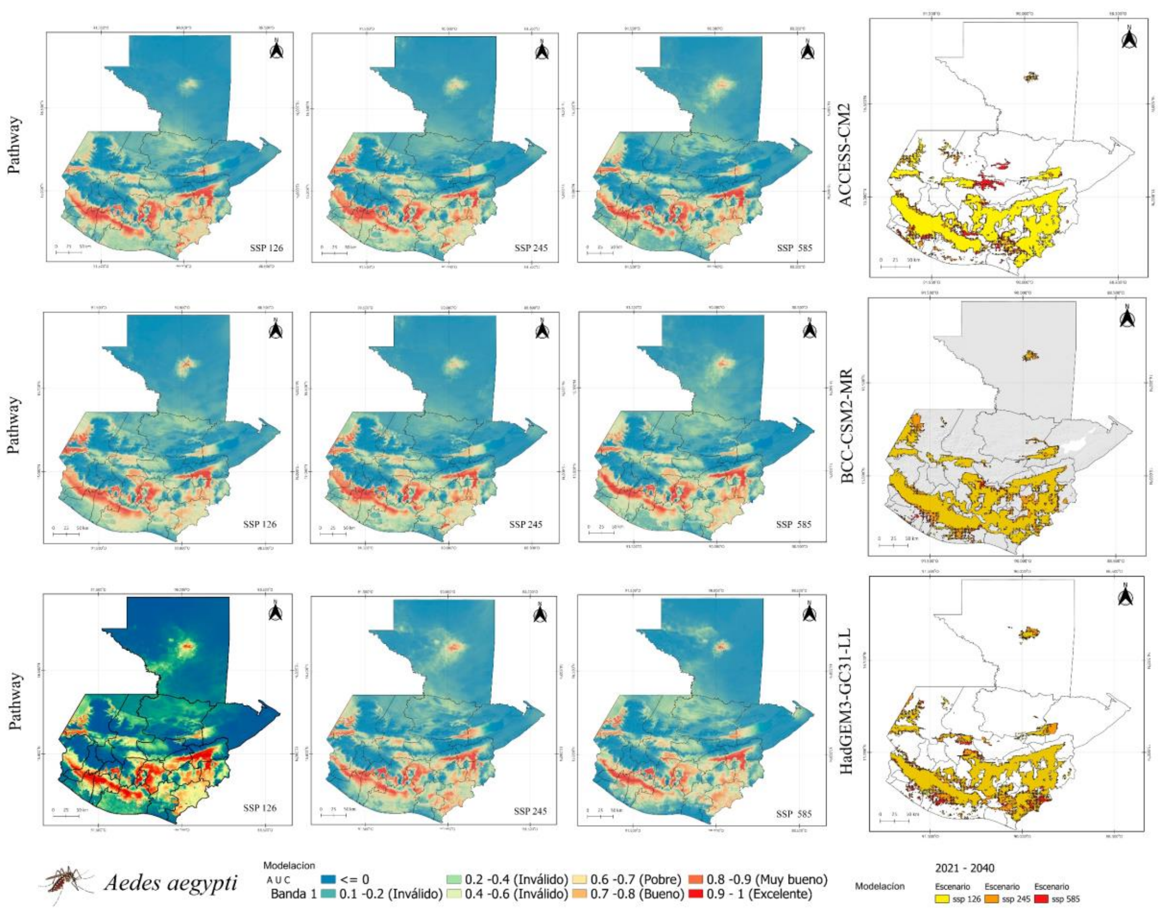


Figura 9.
Modelación en base a escenarios climáticos de circulación general para *Aedes aegypti* (2040-2060).

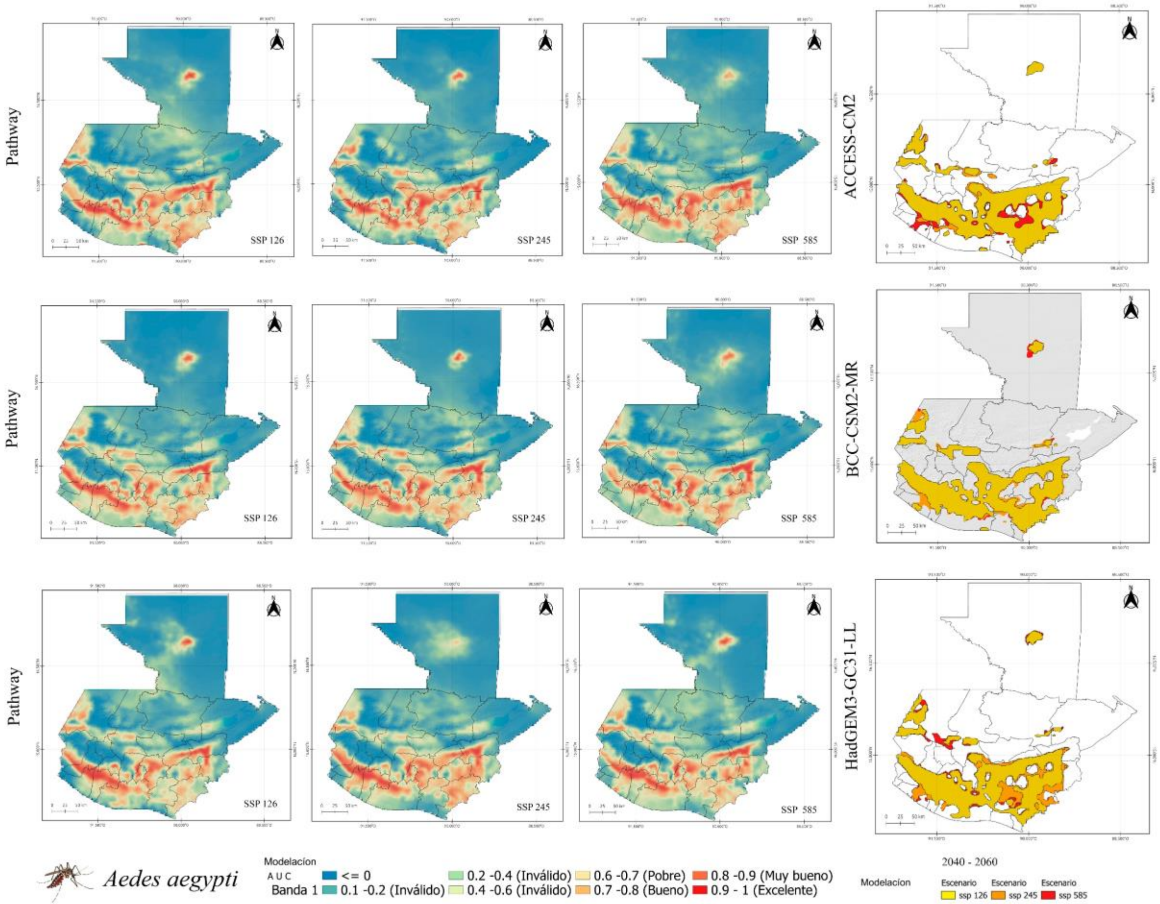


Figura 10.

Distribución contribuciones y permutación de las 4 variables más influyentes para *Aedes albpictus*, a) Representa 2021-2040 b) 2041-2060 para los tres modelos utilizados y 3 escenarios.

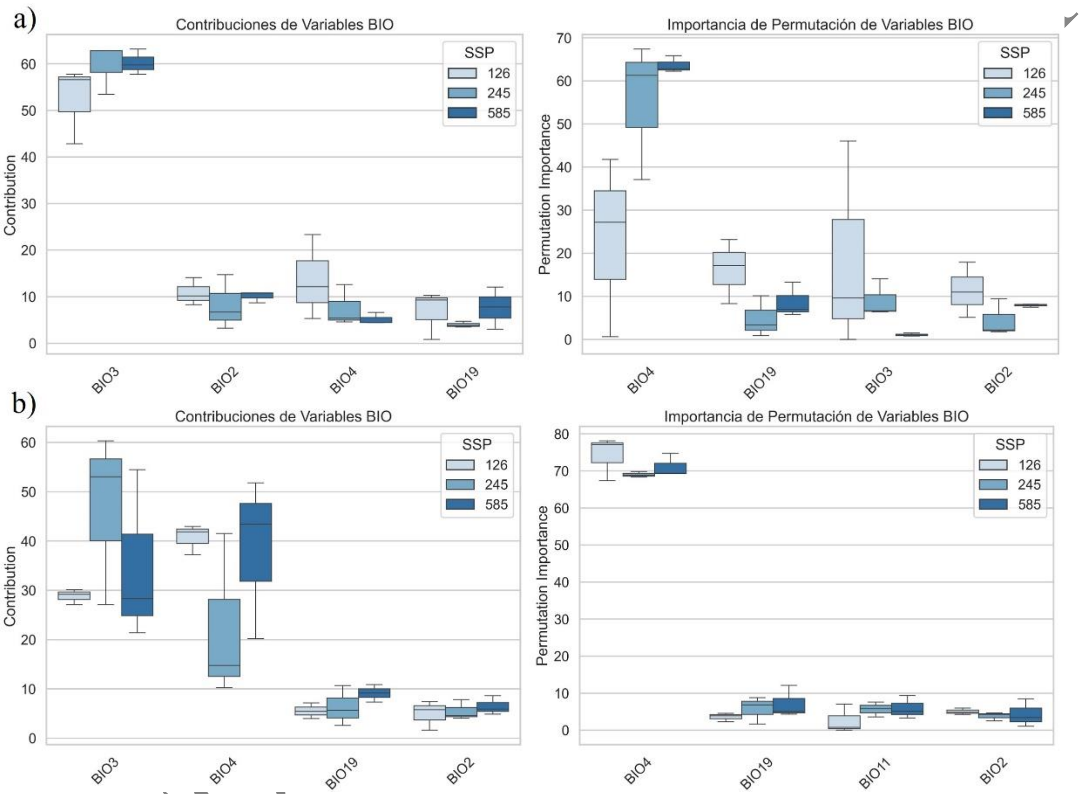


Figura 11.

Correlaciones entre modelos CMIP6 utilizados para determinar la distribución de los alcances de los nichos ecológicos de la especie Aedes aegypti (2040-2060).

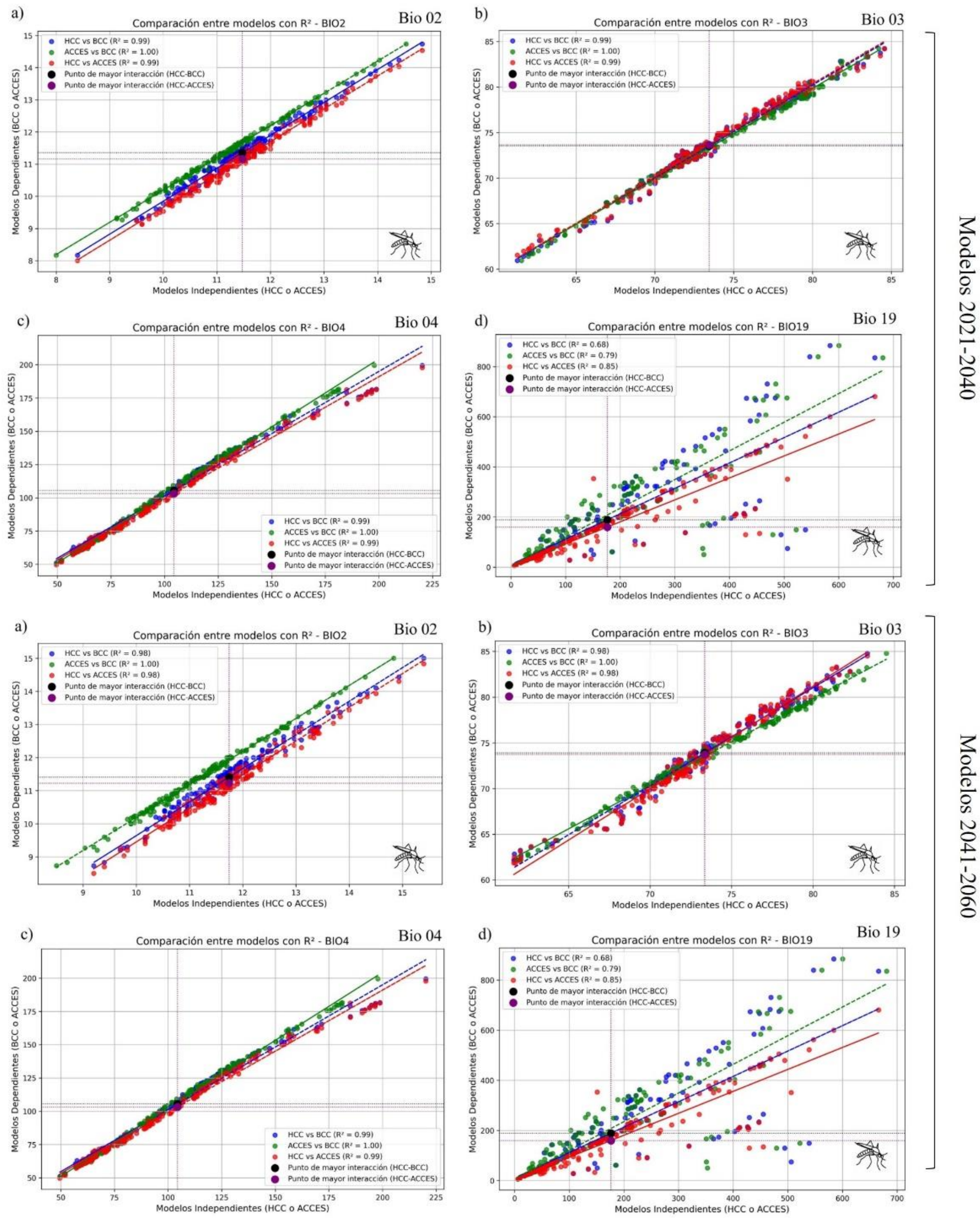


Figura 12.

Modelación en base a escenarios climáticos de circulación general para *Aedes albopictus*(2021-2040).

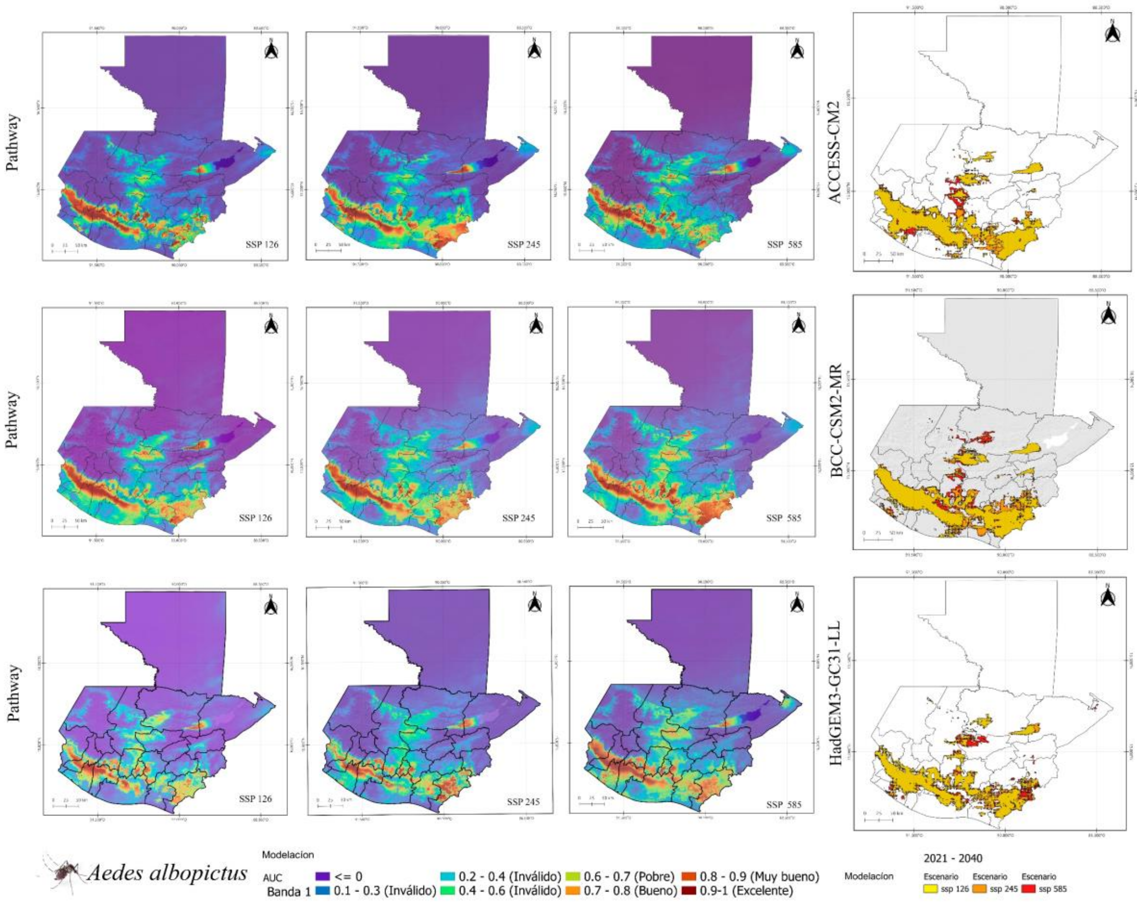
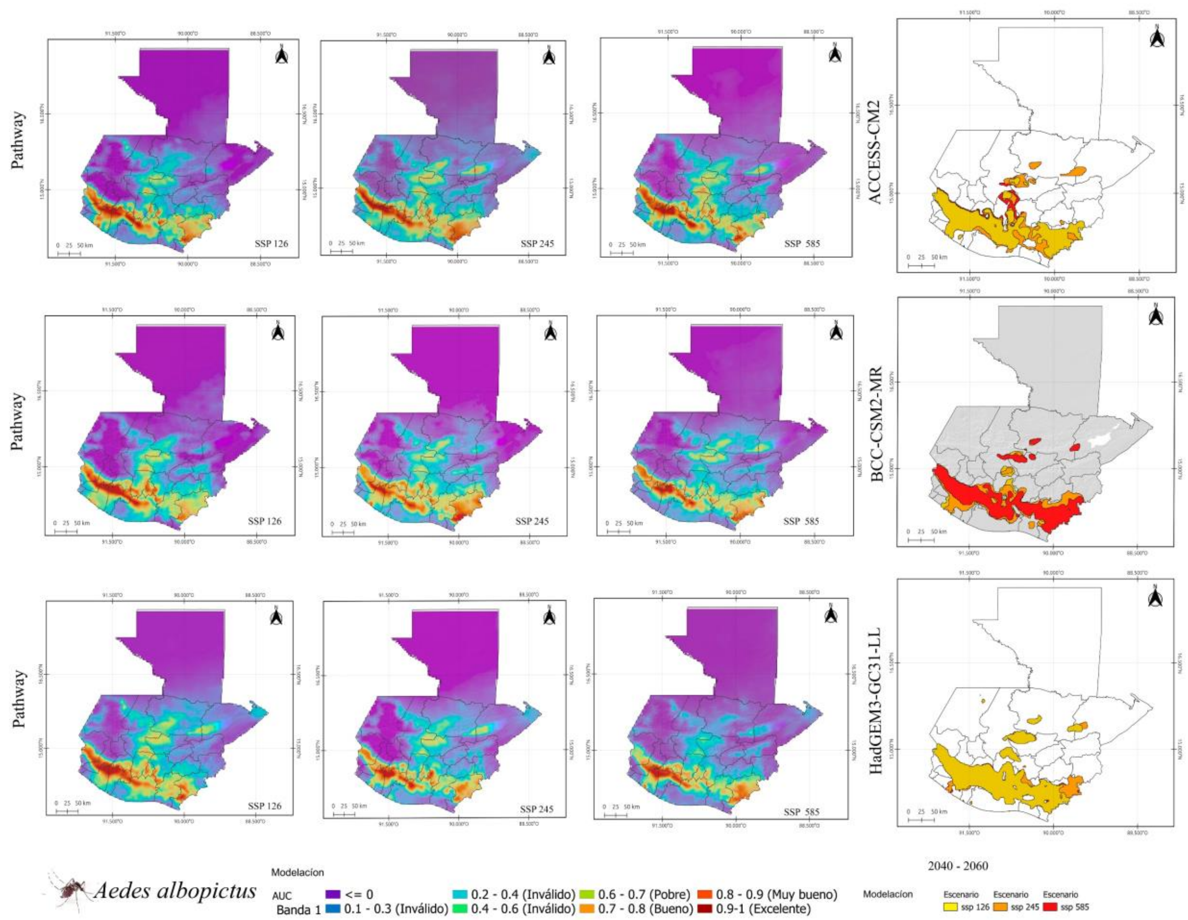


Figura 13.

Modelación en base a escenarios climáticos de circulación general para *Aedes albopictus*(2041-2060).



Pathway
SSP 126
SSP 245
SSP 585
ACCESS-CM2
BCC-CSM2-MR
HadGEM3-GC31-LL
2040 - 2060
Aedes albopictus
Modelacíon
AUC
Banda 1
<= 0
0.1 - 0.3 (Inválido)
0.2 - 0.4 (Inválido)
0.4 - 0.6 (Inválido)
0.6 - 0.7 (Pobre)
0.7 - 0.8 (Bueno)
0.8 - 0.9 (Muy bueno)
0.9-1 (Excelente)
Escenario
ssp 126
ssp 245
ssp 585

Referencias bibliográficas

Ahmetolan, S., Bilge, A. H., Demirci, A., & Peker Dobie, A. (2022). A Susceptible–Infectious (SI) model with two infective stages and an endemic equilibrium. *Mathematics and Computers in Simulation, 194*, 19–35. https://doi.org/10.1016/j.matcom.2021.11.003

Ahmadi, M., Hemami, M. R., Mohammad, K. F., y Shabani, F. (2023). MaxEnt brings comparable results when the input data are being completed: Model parameterization of four species distribution models. Ecology and Evolution, 13(1). https://doi.org/10.1002/ece3.9827

Ahmadi, M., Hemami, M.-R., Kaboli, M., Malekian, M., y Zimmermann, N. E. (2019). Extinction risks of a Mediterranean neo-endemism complex of mountain vipers triggered by climate change. Scientific Reports, 9(1), 1–12

Al-Ghussain, L. (2018). Global warming: review on driving forces and mitigation. Environmental Progress & Sustainable Energy, 38(1), 13–21. https://doi.org/10.1002/ep.13041

Araque Pérez, J. (2023). Distribución potencial de Tropidacris cristata dux (Drury, 1773) y una de sus plantas hospederas, Quassia amara (L.). Revista nicaragüense de entomología, 318, 1-28. https://doi.org/10.5281/zenodo.10278396

Bhatia, S., Bansal, D., Patil, S. H., Pandya, S., Ilyas, Q. M., y Imran, S. (2022, May 27). A Retrospective Study of Climate Change Affecting Dengue: Evidences, Challenges and Future Directions. Frontiers in Public Health. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.884645

Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., Drake, J. M., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Sankoh, O., Myers, M. F., George, D. B., Jaenisch, T., Wint, G. R., Simmons, C. P., Scott, T. W., Farrar, J. J., & Hay, S. I. (2013). The global distribution and burden of dengue. Nature, 496(7446), 504–507. https://doi.org/10.1038/nature12060

Bouzid, M., Colón-González, F. J., Lung, T., Lake, I. R., y Hunter, P. R. (2014). Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: Case study of dengue fever. BMC Public Health, 14, 781. https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-781

Bouzid, M., Colón-González, F. J., Lung, T., Lake, I. R., y Hunter, P. R. (2014). Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: Case study of dengue fever. BMC Public Health, 14(1), 781. https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-781

Burgess, M. G., Pielke, R., y Ritchie, J. (2022). Catastrophic climate risks should be neither understated nor overstated. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(42), e2214347119. https://doi.org/10.1073/pnas.2214347119

Cai, X., Zhao, J., Deng, H., y others. (2023). Effects of temperature, relative humidity, and illumination on the entomological parameters of Aedes albopictus: An experimental study. International Journal of Biometeorology, 67(4), 687–694. https://doi.org/10.1007/s00484-023-02446-y

Caminade, C., Turner, J., Metelmann, S., Hesson, J. C., Blagrove, M. S. C., Solomon, T., Morse, A. P., y Baylis, M. (2017). Global risk model for vector-borne transmission of Zika virus reveals the role of El Niño 2015. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114(1), 119–124. https://doi.org/10.1073/pnas.1614303114

Castillo Signor, L. d. C., Edwards, T., Escobar, L. E., Mencos, y., Matope, A., Castaneda-Guzman, M., y et al. (2020). Epidemiology of dengue fever in Guatemala. PLoS Neglected Tropical Diseases, 14(8), e0008535. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008535

Castellanos (Ed.). (2019). *Primer Reporte de Evaluacion del conocimiento sobre el Cambio Climatico en Guatemala* (1st ed.). Sistema Guatemalteco de Ciancias del Cambio Climatico (SGCCC).

Chophel, Y (2022). Global Warming and Climate Change (GWCC) Realities. In The Nature, Causes, Effects and Mitigation of Climate Change on the Environment; IntechOpen: London, UK; Volume 3

de Azevedo, T. S., Bourke, B. P., Piovezan, R., y Sallum, M. A. M. (2018). The influence of urban heat islands and socioeconomic factors on the spatial distribution of Aedes aegypti larval habitats. Geospatial Health, 13(1), e623. https://doi.org/10.4081/gh.2018.623

De Souza, R. L., Nazaré, R. J., Argibay, H. D., Pellizzaro, M., Anjos, R. O., Portilho, M. M., Jacob-Nascimento, L. C., Reis, M. G. D., Kitron, U., y Ribeiro, G. S. (2023). Density of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) in a low-income Brazilian urban community where dengue, Zika, and chikungunya viruses co-circulate. Parasites & Vectors. https://doi.org/10.1186/s13071-023-05766-5

Dickens, B. L., Sun, H., Jit, M., Cook, A. R., y Carrasco, L. R. (2018). Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of Aedes aegypti and Ae. albopictus. BMJ Global Health, 3(1), e000801. https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000801

Du, M., Jing, W., Liu, M., y Liu, J. (2021). The Global Trends and Regional Differences in Incidence of Dengue Infection from 1990 to 2019: An Analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. Infectious diseases and therapy, 10(3), 1625–1643. https://doi.org/10.1007/s40121-021-00470-2

Fick, S.E. y Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315.

Fielding, A. H., y Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation, 24(1), 38–49.

Furuya-Kanamori, L., Liang, S., Milinovich, G., Soares Magalhaes, R. J., Clements, A. C., Hu, W., Brasil, P., Frentiu, F. D., Dunning, R., y Yakob, L. (2016). Co-distribution and co-infection of chikungunya and dengue viruses. BMC Infectious Diseases, 16(1), 84. https://doi.org/10.1186/s12879-016-1417-2

Franklin, J. (2010). *Model evaluation and implementation.* In *Mapping species distributions: Spatial inference and prediction* (pp. 207–208). Cambridge University Press.

García, Y. E., Chou-Chen, S. W., Barboza, L. A., Daza–Torres, M. L., Montesinos-López, J. C., Vásquez, P., Calvo, J. G., Nuño, M. A., y Sánchez, F. (2023). Common patterns between dengue cases, climate, and local environmental variables in Costa Rica: A wavelet approach. PLOS Global Public Health. https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0002417

Guzman, M. G., Alvarez, M., y Halstead, S. B. (2013). Secondary infection as a risk factor for dengue hemorrhagic fever/dengue shock syndrome: an historical perspective and role of antibody-dependent enhancement of infection. Archives of virology, 158(7), 1445–1459. https://doi.org/10.1007/s00705-013-1645-3

Guzman, M. G., y Harris, E. (2015). Dengue. The Lancet, 385(9966), 453–465. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60572-9

Harris, I., Osborn, T. J., Jones, P. D., y Lister, D. H. (2020). Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Scientific Data, 7(1), 109.

Hayman, D. T., Adisasmito, W. B., Almuhairi, S., Behravesh, C. B., Bilivogui, P., Bukachi, S. A., Casas, N., Becerra, N. C., Charron, D. F., Chaudhary, A., Ciacci Zanella, J. R., Cunningham, A. A., Dar, O., Debnath, N., Dungu, B., Farag, E., Gao, G. F., Khaitsa, M., Machalaba, C., . . . Koopmans, M. (2023). Developing One Health surveillance systems. *One Health*, *17*, 100617. https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100617

Iguchi, J.A., Seposo, X.T. & Honda, Y. Meteorological factors affecting dengue incidence in Davao, Philippines. BMC Public Health 18, 629 (2018). https://doi.org/10.1186/s12889-018-5532-4

IPCC. (2019). *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, & J. Malley, Eds.). Consultado, Noviembre 2024, disponible en línea: Special Report on Climate Change and Land — IPCC site

Jia, P., Liang, L., Tan, X., Chen, J., y Chen, X. (2019). Potential effects of heat waves on the population dynamics of the dengue mosquito *Aedes albopictus*. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *13*(7), e0007528. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007528

Juckes, M., Taylor, K. E., Durack, P. J., Lawrence, B., Mizielinski, M. S., Pamment, A., Peterschmitt, J.-Y., Rixen, M., y Sénési, S. (2020). The CMIP6 Data Request (DREQ, version 01.00.31). Geoscientific Model Development, 13(1), 201–224. https://doi.org/10.5194/gmd-13-201-2020

Kraemer, M. U. G., Reiner, R. C., Jr, Brady, O. J., Messina, J. P., Gilbert, M., Pigott, D. M., Yi, D., Johnson, K., Earl, L., Marczak, L. B., Shirude, S., Davis Weaver, N., Bisanzio, D., Perkins, T. A., Lai, S., Lu, X., Jones, P., Coelho, G. E., Carvalho, R. G., Van Bortel, W., …

Golding, N. (2019). Past and future spread of the arbovirus vectors Aedes aegypti and Aedes albopictus. Nature Microbiology, 4(5), 854–863. https://doi.org/10.1038/s41564-019-0376-y

Lamy, K., Tran, A., Portafaix, T., Leroux, M. D., y Baldet, T. (2023). Impact of regional climate change on the mosquito vector Aedes albopictus in a tropical island environment: La Réunion. Science of The Total Environment, 875, 162484.

Laporta, G. Z., Potter, A. M., Oliveira, J. F. A., Bourke, B. P., Pecor, D. B., y Linton, Y. M. (2023). Global distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus in a climate change scenario of regional rivalry. Insects, 14(1), 49. https://doi.org/10.3390/insects14010049

Lega, J., Brown, H. E., y Barrera, R. (2017). Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) abundance model improved with relative humidity and precipitation-driven egg hatching. Journal of Medical Entomology, 54(5), 1375–1384. https://doi.org/10.1093/jme/tjx077

Lepe López, M. A., Dávila, M., Canet, M., Lopez, Y., Flores, E., Dávila, A., y Escobar, L. E. (2017). Distribución de Aedes aegypti y Aedes albopictus en Guatemala 2016. Ciencia, Tecnología y Salud, 4(1), 21–31. https://doi.org/10.36829/63CTS.v4i1.239

Li, C., Liu, Z., Li, W., Lin, Y., Hou, L., Niu, S., Xing, Y., Huang, J., Chen, Y., Zhang, S., Gao, X., Xu, Y., Wang, C., Zhao, Q., Liu, Q., Ma, W., Cai, W., Gong, P., y Luo, Y. (2023, May). Projecting future risk of dengue related to hydrometeorological conditions in mainland China under climate change scenarios: a modelling study. The Lancet Planetary Health, 7(5), e397–e406. https://doi.org/10.1016/s2542-5196(23)00051-7

Li, C., Lu, Y., Liu, J., y Wu, X. (2018, May). Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges. Science of the Total Environment, 622–623, 493–501. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.326

Lima, S. F. S., Barrozo, L. V., y Mataveli, G. A. V. (2018). Temperatura da superfície e precipitação que influenciam na incidência do Aedes aegypti em São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, spe, 174–183. https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.145697

Liu-Helmersson, J., Quam, M., Wilder-Smith, A., Stenlund, H., Ebi, K., Massad, E., y Rocklöv, J. (2016). Climate change and Aedes vectors: 21st-century projections for dengue transmission in Europe. EBioMedicine, 7, 267–277.

Liu-Helmersson, J., Quam, M., Wilder-Smith, A., Stenlund, H., Ebi, K., Massad, E., y Rocklöv, J. (2016). Climate change and *Aedes* vectors: 21st century projections for dengue transmission in Europe. *eBioMedicine, 7*, 267–277. https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.03.046

Liu, Z., Zhang, Q., Li, L., He, J., Guo, J., Wang, Z., Huang, Y., Xi, Z., Yuan, F., Li, Y., y Li, T. (2023, September 21). The effect of temperature on dengue virus transmission by Aedes mosquitoes. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1242173

Lowe, R., Gasparrini, A., Van Meerbeeck, C. J., Lippi, C. A., Mahon, R., Trotman, A. R., et al. (2018). Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: A modelling study. PLoS Medicine, 15(7), e1002613. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002613

Marini, G., Manica, M., Arnoldi, D., Inama, E., Rosà, R., y Rizzoli, A. (2020). Influence of temperature on the life-cycle dynamics of Aedes albopictus populations established at temperate latitudes: A laboratory experiment. Insects, 11(11), 808.

Mendoza-Cano, O., Trujillo, X., Huerta, M., Ríos-Silva, M., Lugo-Radillo, A., Benites-Godínez, V., Bricio-Barrios, J. A., Ríos-Bracamontes, E. F., Uribe-Ramos, J. M., Baltazar-Rodríguez, G. M., y Murillo-Zamora, E. (2023,). Assessing the Relationship between Annual Surface Temperature Changes and the Burden of Dengue: Implications for Climate Change and Global Health Outcomes. Tropical Medicine and Infectious Disease. https://doi.org/10.3390/tropicalmed8070351

Mishra, B., Turuk, J., Sahu, S., Khajuria, A., Kumar, S., Dey, A., y Praharaj, A. (2016, April). Co-circulation of all four dengue virus serotypes with concurrent infections in a single dengue season. International Journal of Infectious Diseases, 45, 446. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2016.02.947

Montgomery, D.C., Peck, E.A. y Vining, G.G. (2012) Introduction to Linear Regression Analysis. Vol. 821, John Wiley & Sons, Hoboken

Mordecai, E. A., Cohen, J. M., Evans, M. V., Gudapati, P., Johnson, L. R., Lippi, C. A., Miazgowicz, K., Murdock, C. C., Rohr, J. R., Ryan, S. J., Savage, V., Shocket, M. S., Stewart

Ibarra, A., Thomas, M. B., y Weikel, D. P. (2017). Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. PLoS Neglected Tropical Diseases, 11(4), e0005568. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005568

Morin, C. W., Comrie, A. C., y Ernst, K. C. (2013). Climate and dengue transmission: evidence and implications. Environmental Health Perspectives, 121(11–12), 1264–1272. https://doi.org/10.1289/ehp.1306556

Naish, S., Dale, P., Mackenzie, J. S., McBride, J., Mengersen, K., y Tong, S. (2014). Climate change and dengue: A critical and systematic review of quantitative modelling approaches. BMC Infectious Diseases, 14(1), Article 167. https://doi.org/10.1186/1471-2334-14-167

Navarrete, J., y Hernández, B. (2024). Distribución potencial de Syrnia hypnois Hübner, 1821 y Feigeria magna (Gmelin, 1789): Nuevos reportes para la fauna lepidóptera de Nicaragua (Erebidae). Revista Nicaragüense de Entomología, 355, 1–38. https://doi.org/10.5281/zenodo.13765752

Ochoa-Orozco, W., Rivera, P., y Herrera, E. (2022). Comportamiento meteorológico durante la sequía de medio verano en Guatemala. Ciencia, Tecnología Y Salud, 9(2), 150–165. https://doi.org/10.36829/63CTS.v9i2.1284

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., y Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. Ecography, 40(7), 887–893. https://doi.org/10.1111/ecog.03049

Perkins, S. E., y Alexander, L. V. (2013). On the measurement of heat waves. *Journal of Climate*, *26*(13), 4500–4517. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00383.1

Ponciano, J. A., Chang, J. D., & Quiroa, F. (2018). Modelo epidémico para el estudio regional de la chikungunya. *Ciencia, Tecnología Y Salud*, 5(1), 63–72. https://doi.org/10.36829/63CTS.v5i1.412

Ponciano, J. A., Polanco, W., & Barrios, M. (2019). Dengue outbreaks pattern in southern Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud, 6*(2), 158–170. https://doi.org/10.36829/63CTS.v6i2.631

Rahman, M. S., Overgaard, H. J., Pientong, C., Mayxay, M., Ekalaksananan, T., Aromseree, S., Phanthanawiboon, S., Zafar, S., Shipin, O., Paul, R. E., Phommachanh, S., Pongvongsa, T., Vannavong, N., y Haque, U. (2021). Knowledge, attitudes, and practices on climate change and dengue in Lao People's Democratic Republic and Thailand. Environmental Research, 193, 110509. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110509

Reiter, P. (2001). Climate change and mosquito-borne disease. Environmental Health Perspectives, 109(Suppl 1), 141–161. https://doi.org/10.1289/ehp.01109s1141

Rivera, P. F., Bardales Espinoza, W. A., y Ochoa, W. (2019). Escenarios futuros de cambio climático para Guatemala. En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, y A. Santizo (Eds.), Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala (pp. 40–61). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.

Rivera, P; Ochoa, W; y Gonzalez, B. (2021). Simulation of seasonal temperature and precipitation during the period 1998-2000 in Central America using a Regional Climate Model RegCM. Ciencia, Tecnología y Salud, 8. https://doi.org/10.36829/63CTS.v8i1.764.

Rivera, C., Funes-Hernández, K., Merino-Villalta, J., y Beltrán-Sánchez, A. (2022). Guía para el modelo de distribución de especies por máxima entropía: Estudio de caso de la "lora nuca amarilla" (*Amazona auropalliata*) en El Salvador. *Revista Minerva, 4*(2), 125-142. https://doi.org/10.5377/revminerva.v4i2.12402

Rúa-Uribe, G. L., Suárez-Acosta, C., Chauca, J., Ventosilla, P., & Almanza, R. (2013). Modelado del efecto de la variabilidad climática local sobre la transmisión de dengue en Medellín (Colombia) mediante análisis de series temporales. *Biomedica, 33*(Sup1), 142-152. https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1444

Shakoor, A., Ashraf, F., Shakoor, S., Mustafa, A., Rehman, A., y Altaf, M. M. (2020). Biogeochemical transformation of greenhouse gas emissions from terrestrial to atmospheric environment and potential feedback to climate forcing. Environmental Science and Pollution Research International, 27(31), 38513–38536. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10151-1

Sherwood, S. C., Webb, M. J., Annan, J. D., Armour, K. C., Forster, P. M., Hargreaves, J. C., Hegerl, G… y Zelinka, M. D. (2020). An assessment of Earth's climate sensitivity using multiple lines of evidence. *Reviews of Geophysics, 58*(4), e2019RG000678. https://doi.org/10.1029/2019RG000678

Soneja, S., Tsarouchi, G., Lumbroso, D., & Tung, D. K. (2021). A Review of Dengue's Historical and Future Health Risk from a Changing Climate. Current environmental health reports, 8(3), 245–265. https://doi.org/10.1007/s40572-021-00322-8

Soto López, J. D. (2019). Relación espacial entre Aedes aegypti (Linnaeus, 1762) y la enfermedad de dengue en Guatemala. Revista Científica, 28(2). Universidad de San Carlos de Guatemala.

Smith, D. L., Battle, K. E., Hay, S. I., Barker, C. M., Scott, T. W., y McKenzie, F. E. (2012). Ross, Macdonald, and a theory for the dynamics and control of mosquito-transmitted pathogens. *PLoS Pathogens, 8*(4), e1002588. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002588

Tian, N., Zheng, J. X., Guo, Z., Li, L., Xia, S., Lv, S., y Zhou, X. N. (2022). Dengue Incidence Trends and Its Burden in Major Endemic Regions from 1990 to 2019. Tropical Medicine and Infectious Disease. https://doi.org/10.3390/tropicalmed7080180

Tran, B. L., Tseng, W. C., Chen, C. C., y Liao, S. Y. (2020). Estimating the Threshold Effects of Climate on Dengue: A Case Study of Taiwan. International journal of environmental research and public health, 17(4), 1392. https://doi.org/10.3390/ijerph17041392

Wang, S., Lu, Y., Han, M., Li, L., He, P., Shi, A., y Bai, M. (2023). Using MaxEnt Model to Predict the Potential Distribution of Three Potentially Invasive Scarab Beetles in China. Insects, 14(3), 239. https://doi.org/10.3390/insects14030239

Wu, X., Lang, L., Ma, W., Song, T., Kang, M., He, J., Zhang, Y., Lu, L., Lin, H., y Ling, L. (2018). Non-linear effects of mean temperature and relative humidity on dengue incidence in Guangzhou, China. *Science of The Total Environment, 628–629*, 766-771. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.136

Yoro, K.O. y Daramola, M.O (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In Advances in Carbon Capture; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 3–28.

Zar, J. H. (1972). Significance testing of the Spearman rank correlation coefficient. Journal of the American Statistical Association, 67(339), 578–580. https://doi.org/10.2307/2284441

Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., … Zwiers, F. W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(6), 851–870. https://doi.org/10.1002/wcc.147

Zhang, Y., Wang, L., Wang, G., Xu, J., y Zhang, T. (2023). An ecological assessment of the potential pandemic threat of Dengue Virus in Zhejiang province of China. BMC Infectious Diseases, 23. https://doi.org/10.1186/s12879-023-08444-0